

(19)日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-22965

(43)公開日 平成6年(1994)2月1日

(51)Int.Cl. <sup>4</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
A 6 1 B 8/14		7507-4C		
H 0 4 R 17/00	3 3 2 A	7406-5H		

審査請求 有 請求項の数52(全 14 頁)

(21)出願番号 特願平3-323578

(22)出願日 平成3年(1991)2月12日

(31)優先権主張番号 4 7 8 5 7 3

(32)優先日 1990年2月12日

(33)優先権主張国 米国(US)

(31)優先権主張番号 5 5 2 0 1 9

(32)優先日 1990年7月13日

(33)優先権主張国 米国(US)

(71)出願人 591175789

アキューサン、コーポレーション

ACUSON CORPORATION

アメリカ合衆国カリフォルニア州、マウン

テン、ビュー、ビー、オー、ボックス、

7393、チャールストン、ロード、1220

(72)発明者 サミュエル、エイチ、マスラック

アメリカ合衆国カリフォルニア州、レッド

ウッド、シティー、アイランド、プレイ

ス、666

(74)代理人 弁理士 佐藤 一雄 (外3名)

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 音響走査方法及び装置

(57)【要約】

【目的】 送信音響圧力波と、変換器アレイに沿って走査される、夫々変換器アレイの面との任意の交点で発生する音響ライン群に入るその受信エコーとにより形成される音響走査方式。

【構成】 各走査ラインは、変換器アレイの面上にはなく、視野を拡大するためにこの面の後の選択可能な距離のところにある共通の変換点を通る。変換点の位置は特定の変換器の幾何的形狀についての視野を最適にするように選ばれ、変換器のエレメントを結ぶ線に直角の線に対する操作角がセクタ走査ラインにおける最大可能値より大きくならないように選ばれる。

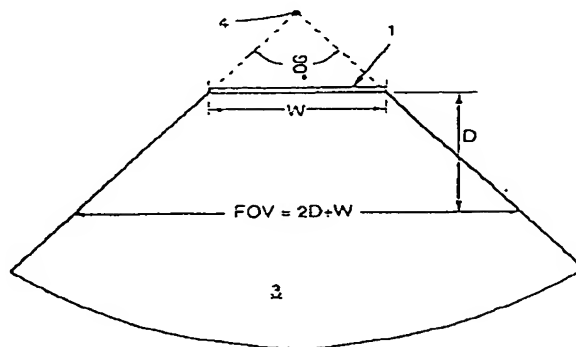


FIG. 4

1

【特許請求の範囲】

【請求項1】夫々が変換器アレイの面との任意の交点で発生する1セットの音響ラインを用い、送信された音響圧力波とこの変換器アレイに沿って走査される上記音響ラインに入るエコーとにより形成される音響走査方法。

【請求項2】前記変換器アレイが曲面アレイであり、各音響ラインはこのアレイの曲面に直角ではない一つの角度で操作されることを特徴とする請求項1の音響走査方法。

【請求項3】各音響ラインは前記交点において前記アレイの面に直角の線に関して任意の角度をもって発生することを特徴とする請求項1の音響走査方法。

【請求項4】前記音響ラインは全視野において空間的に重ならないようになったことを特徴とする請求項1乃至3のいずれかに記載の音響走査方法。

【請求項5】各音響ラインはすべての他の音響ラインとは無関係にソフトウェアにより制御されることを特徴とする請求項1乃至4のいずれかに記載の音響走査方法。

【請求項6】伝播される音響圧力波の周波数は視野内で変化されることを特徴とする請求項1乃至5のいずれかに記載の音響走査方法。

【請求項7】前記1セットの音響ラインは前記変換器アレイ内のn個の個々にアドレス可能な変換器エレメントからの多重化によりアドレスされる使用可能な信号処理チャンネルに対応した、nより小さいm個の活性変換器エレメントにより発生されそしてそれに入る音響ラインのサブセットを含むことを特徴とする請求項1乃至6のいずれかに記載の音響走査方法。

【請求項8】前記圧力波は伝播されそしてエコーが前記音響ラインの内の2以上のラインに実質的に同時に受信されることを特徴とする請求項1乃至7のいずれかに記載の音響走査方法。

【請求項9】ドップラ情報をとり出すために最適化された圧力波とBモード画像情報をとり出すために最適化された圧力波は実質的に同時に伝播されることを特徴とする請求項1の音響走査方法。

【請求項10】前記ドップラ波は前記画像波の周波数とは異なる周波数で伝播されることを特徴とする請求項9の音響走査方法。

【請求項11】前記ドップラ波は前記Bモード画像波とは異った方向に直線走査フォーマットで伝播することを特徴とする請求項8または9の音響走査方法。

【請求項12】夫々が変換器アレイの面と任意の交点で発生するようになった1セットの音響ラインからなり、各音響ラインの延長線が上記アレイの面にはない実質的な共通の頂点を通過する、伝送される音響圧力波と上記アレイに沿って走査される上記音響ラインに入るエコーとにより形成される可変頂点音響走査方法。

【請求項13】前記共通頂点が拡大した視野を与えるために前記アレイの後の選択可能な距離のところにあるこ

2

とを特徴とする請求項12の可変頂点音響走査方法。

【請求項14】前記変換器アレイは直線平面アレイである請求項12または13の可変頂点音響走査方法。

【請求項15】前記音響ラインは全視野において空間的に重ならないようになった請求項12乃至14のいずれかに記載の可変頂点音響走査方法。

【請求項16】前記視野の範囲が前記共通頂点と前記アレイの物理的な端部により限定されることを特徴とする請求項12乃至15のいずれかに記載の可変頂点音響走査方法。

【請求項17】前記各音響ラインは他のすべての音響ラインとは無関係にソフトウェアにより制御されることを特徴とする請求項12乃至16のいずれかに記載の可変頂点音響走査方法。

【請求項18】前記共通頂点は前記変換器アレイの面の前の選択可能な距離のところにあることを特徴とする請求項14乃至17のいずれかに記載の可変頂点音響走査方法。

【請求項19】前記伝ばされる音響圧力波の周波数は前記視野内で変化されることを特徴とする請求項12乃至18のいずれかに記載の可変頂点音響走査方法。

【請求項20】前記アレイの物理的な端部近辺で発生する前記音響走査ラインは上記物理的な端部に隣接した活性変換器エレメントの、視野内の深さと共に増大する開口から送られそしてそれに入る音響圧力波によりとり出される各上記走査ラインに沿った一セットの焦点における情報を含むことを特徴とする請求項12乃至19のいずれかに記載の可変頂点音響走査方法。

【請求項21】前記変換器アレイは曲面アレイであり、各音響ラインがこのアレイの曲面に対し直角でない角度で操作されることを特徴とする請求項12の可変頂点音響走査方法。

【請求項22】前記共通頂点は前記変換アレイの曲率中心とこのアレイの面との間にあることを特徴とする請求項21の可変頂点音響画像化フォーマット。

【請求項23】前記共通頂点は曲率半径より大きい半径のところにある請求項21の可変頂点音響画像化フォーマット。

【請求項24】下記段階を含む、変換器アレイの面に対向する人体の部分から画像またはドップラデータを得るために個々の変換器エレメントのアレイを走査する方法：音響圧力波を送りそして夫々他の音響ラインとは空間的に重ならず無関係である一セットの音響ラインに音響エコーを受ける段階と、音響ラインの延長部が上記変換器アレイの面上にはないほぼ共通の頂点を通るようにこのアレイの面に対する活性音響ラインの角度を操作する段階。

【請求項25】前記共通頂点は前記人体の拡大した視野を与えるように前記変換器アレイの面の後の選択可能な距離のところに配置されることを特徴とする請求項24

の方法。

【請求項26】前記変換器エレメントを前記変換器アレイの面と前記音響ラインとの交点に中心づけるようにして各音響ラインに沿って焦点づける段階を更に含む請求項24または25の方法。

【請求項27】前記音響ラインと前記変換器アレイの面との交点のまわりに中心をもつ上記アレイの活性変換器エレメントの開口を調整する段階を更に含む、請求項24乃至26のいずれかに記載の方法。

【請求項28】焦点づけまたはアボダイゼーションが夫々伝はんされる音響圧力波の送信中に行われることを特徴とする請求項26または27の方法。

【請求項29】焦点づけまたはアボダイゼーションが夫々前記音響エコーの受信中に動的に行われることを特徴とする請求項26または27の方法。

【請求項30】前記圧力波は送信されそしてエコーは前記音響ラインの2本以上にほぼ同時に受信されることを特徴とする請求項24乃至29のいずれかに記載の方法。

【請求項31】ドップラ情報をとり出すために最適化された圧力波とBモード画像情報をとり出すために最適化された圧力波がほぼ同時に伝はんされることを特徴とする請求項24乃至30のいずれかに記載の方法。

【請求項32】前記ドップラ波はBモード画像波とは異なる周波数で伝はんすることを特徴とする請求項24乃至31のいずれかに記載の方法。

【請求項33】前記ドップラ波は直線走査フォーマットにおいてBモード画像波とは異なる方向に伝はんされることを特徴とする請求項24乃至32のいずれかに記載の方法。

【請求項34】前記変換器アレイの物理的端部近辺において、前記変換器エレメントが前記音響ラインと上記アレイの面との交点に隣接はするがその交点に中心をもたないようにして各走査ラインに沿って音響ビームおよび受信エコーを焦点づける段階を更に含む請求項24の方法。

【請求項35】前記変換器アレイの物理的端部近辺において、前記音響ラインと上記アレイの面との交点に隣接するが中心づけられない上記アレイの活性変換器エレメントの開口を調整する段階を更に含む請求項34の方法。

【請求項36】下記段階を含む、変換器アレイの面に対向する人体の部分の画像を得るために個々の変換器エレメントの上記アレイを走査する方法：音響圧力波を送りそして、夫々が他と空間的に重ならず独立している一セットの音響ラインに音響エコーを受ける段階、上記変換器アレイの面上の任意の点で発生しそしてそれに交わるようにするために音響ラインをシフトする段階、

上記任意点において上記アレイの面に対する垂線に対し

任意の角度で活性音響ラインを操作する段階。

【請求項37】前記圧力波は送信されそしてエコーは2以上の前記音響ラインにほぼ同時に受信されることを特徴とする請求項36の方法。

【請求項38】前記音響ラインのセットについての前記任意の原点から夫々の送信焦点までの距離が視野内で変化することを特徴とする請求項36の方法。

【請求項39】音響圧力波を送りそして変換器アレイに沿って走査される音響ラインにエコーを受信する手段と、

各音響ラインを上記変換器アレイの面との任意の交点において発生させる段階とを備えていることを特徴とする音響走査の発生装置。

【請求項40】各音響ラインは前記交点において前記アレイの面に対する垂線に対し任意の角度で発生させることとなった請求項39の装置。

【請求項41】前記音響ラインは全視野において空間的に重ならないようになった請求項39または40の装置。

【請求項42】各音響ラインの他のラインとは無関係にソフトウェアにより制御されることを特徴とする請求項39乃至41のいずれかに記載の装置。

【請求項43】前記送信音響圧力波の周波数は前記視野内で変化されることを特徴とする請求項39乃至42のいずれかに記載の装置。

【請求項44】下記要件を含む、可変頂点音響走査を発生するための装置：音響圧力波を送りそして変換器アレイに沿って走査される音響ラインにエコーを受ける手段と、

各音響ラインの延長部が上記アレイの面内にはないほぼ共通の頂点を通るように各音響ラインを上記アレイの面との任意の交点において発生させる手段とを備えていることを特徴とする可変頂点音響走査を発生するための装置。

【請求項45】前記共通頂点は拡大した視野を与えるために前記アレイの面の後の選択可能な距離のところである請求項44の装置。

【請求項46】前記変換器アレイは直線平面アレイである請求項44または45の装置。

【請求項47】前記音響ラインは全視野において空間的に重ならないようになった請求項44乃至46のいずれかに記載の装置。

【請求項48】前記視野の範囲は前記共通頂点の位置と前記アレイの物理的端部とによりきまらることを特徴とする請求項44乃至46のいずれかに記載の装置。

【請求項49】音響圧力波を伝はんしそして夫々他とは空間的に重ならず独立している一セットの音響ラインにエコーを受ける手段と、

音響ラインの延長部が上記アレイの面上にはないほぼ共通の頂点を通るように上記アレイの面に対する活性音響ラ

インの角度を操作する手段とを備えていることを特徴とする変換器アレイの面に対向する人体の部分から画像またはドップラデータを得るための変換器エレメントの上記アレイを走査するための装置。

【請求項50】前記共通頂点は前記人体の拡大した視野を与うべく前記アレイの面の後の選択可能な距離のところに配置することを特徴とする請求項49の装置。

【請求項51】下記要件を含む、変換器アレイの面に対向する人体の部分の画像を得るために個々の変換エレメントの上記アレイを走査するための装置：音響圧力を伝はんし、夫々が他と空間的に重ならず独立している一セットの音響ラインにエコーを受ける手段と、活性音響ラインを上記変換器アレイの面上の任意の点から発生しそれと交わるようにするためにそのラインをシフトする手段と、

上記任意の点において上記アレイの面に対する垂線に対し任意の角度で上記活性音響ラインを操作する手段。

【請求項52】前記圧力は伝はんされそしてエコーが2以上の前記音響ラインにほぼ同時に受信されることを特徴とする請求項51の装置。

【発明の詳細な説明】

【産業上の利用分野】本発明は、超音波エネルギーが人体の内部組織を実時間で照射しそして軟い有機組織または動く散乱体から入るエコーが電気信号に変換されそしてTVモニタ等の表示装置に表示される2次元断面画像を形成するように処理される超音波診断走査に関する。

【従来の技術及び発明が解決しようとする課題】フェースドアレイとして知られる超音波医療システムは場合によっては用いられ、そして例えば米国特許第4140022号および4550607号明細書に示されている。2つの基本的な走査および表示フォーマットが一般に、個々の変換器エレメントの面が互いに平行な面に配置されそして一般に均一なエレメント間隔を有するアレイである平面直線アレイと組合せて用いられている。2次元画像は変換器アレイの面に直角または或る角度をもった平行音響ラインに沿った超音波ビームが個々の変換器エレメントまたはアレイにまたがりシフトされた変換器エレメントの選ばれたグループにより伝播されるようになった、直線走査によって形成される。平行なラインでの直線走査は図1の幅Wのような変換器アレイ1の物理的開口により決定される視野を有する。そのようなフォーマットについては視野5 (FOV) の幅はすべての走査深さDについて変換器の幅Wに等しい。かくして、直線走査フォーマットにおける視野はアレイの物理特性によりきまりそしてアレイの物理的な縁部で限定される。視野を大きくするには活性変換器エレメントの物理的開口を大きくしなければならないが、これはアクセスと良好な皮膚との接触という点で問題を生じさせる。平面直線変換器アレイに一般に用いられる他の走査および表示フォーマットはセクタである。セクターフォーマットでは

エレメントは互いに接近しており、一般に間隔は半波長程度である。これは、音響走査ラインが格子ローブを発生することなく操作しうるようにしそして変換器アレイのサイズを減少させそして視野を大きくしうようにする。例えば図2に示すように、90°のセクタについて走査深さDにおける視野2がFOV=2Dで与えられる。一般的に走査深さは6cmから24cmでありこれはユーザにより選択可能である。セクタフェースドアレイはすべてが変換器アレイの面の中心から生じる音響走査ラインを形成する。可能な走査角は動作周波数に対する個々の変換器エレメントの間隔の関数である。その結果、視野もこのアレイの物理的特性によりきまり、視野はアレイ自体の面で0になる。「台形」走査および表示フォーマットは米国特許第4664122号明細書に示されており、これは特定の平面直線アレイの構成に固有のものである。これは、エレメント間隔を充分大きくした中央のサブアレイおよびエレメント間隔の小さい2個の端部サブアレイを含む3個のサブアレイから成る。端部サブアレイと比較して中央サブアレイのエレメント間隔は2のような固定した関係がある。中央サブアレイからそして2個の端部サブアレイの部分から出る音響走査ラインは互いに平行であり、変換器面に直角であり、直線走査フォーマットと一致する。夫々の端部サブアレイの面上の一点から出る音響走査ラインは左半分および右半分のセクタを含む。これら端部サブアレイは、音響ビームを許容可能なパフォーマンスを維持しつつ約45°の角だけ掃引しうるようにするために変換器波長の約半分という小さいエレメント間隔を有する。医療用の超音波画像システムについて設計された殆んどの変換器は均一のエレメント間隔を有するから、この「台形」走査技術は均一でないエレメント間隔をもった特殊な変換器を必要とするため有利でない。このフォーマットに対し設計された変換器は一般に「セクタ」走査に対し設計されたものより大型である。台形走査フォーマットは直線走査とセクタ走査の妥協であり、操作上の利点を有するが変換器サイズが大きくなるという欠点を有する。このサイズについての欠点はセクタ画像と比較して表示される画像の視野の増加が対応するセクタ変換器についてのそれを越えたサイズの増加をもたらすのであるから本来のものである。この走査フォーマットも、走査フォーマットが同一の変換器の幾何構成を用いる異なる画像化応用について最適化するためにソフトウェア制御により変更しうる本発明とは異なり、変換器アレイの構造に特殊な形でリンクされる。曲面アレイの物理的特性も端の変換器エレメントにおいてアレイの面に直角の音響ラインにより境界づけられる視野を限定する。この視野は曲率半径を小さくすることにより大きくしうる。しかしながら解像度が損われそれにより曲率半径の大きいアレイと比較して劣化する。また、近距離で大きな視野を得るには活性変換器エレメントの開口を大きくする必要がある。遠距

離での大きな視野は大開口そしてまたは小さい曲率半径と分解能の低下の組合せを必要とする。上記のすべてのフォーマット並びに機械的および水を通しての走査はアレイの物理特性により完全にきまる視野を有する。これらにおける走査フォーマットでも視野を状況により依存するソフトウェア制御により拡大するものではない。

【課題を解決するための手段】本発明によれば、伝送される音響圧力波と変換器アレイに沿って走査される音響ラインに入る受信エコーとにより形成される音響走査が提供される。この走査は1セットの音響ラインを用い、各ラインは変換器アレイの面との任意の交点で発生する。本発明は更に伝送される音響圧力波と受信エコーにより形成される可変頂点音響走査を提供するものであり、各音響ラインの延長線が変換器アレイの面にはない実質的に共通の頂点を通るようになっていて、本発明はまた変換器アレイの面に対向する人体の部分から画像またはドップラデータを得るために個々の変換器エレメントのアレイを走査する方法を提供するものであり、この方法は音響圧力波を送りそして、夫々が空間的に重ならずそして他の音響ラインから独立した音響ラインのセットに音響エコーを受ける段階と、音響ラインの延長線が変換器アレイの面上にない、ほぼ共通の頂点を通るようにアレイの面に対し活性音響ラインの角度を変える段階と、を含む。本発明の他の観点においては変換器アレイの面に対向する人体の部分の画像を得るために変換器エレメントのアレイを走査する方法を提供するものであり、この方法は音響圧力波を送りそして夫々が空間的に重ならずそして他の音響ラインには無関係に音響ラインのセットに音響エコーを受ける段階と、変換器アレイの面からそしてその面上に任意の点で交わり発生するように活性音響ラインをシフトする段階と、この任意の点でアレイの面に直角の線に対して任意の角度で活性音響ラインを操作する段階とを含む。本発明の更に他の観点によれば、この音響走査方法と装置は音響圧力波を送ることおよび、ソフトウェア制御により形成される、夫々互いに無関係であって変換器アレイの面上の任意の点でそして任意の形状をもつアレイの面に対し任意の角度で発生する1セットの音響走査ラインでそのエコーを受けることを含む。

【作用】好適な実施例においては各走査ラインは、変換器アレイの面上にはなく好適には、視野を拡大するためにその背後の選択可能な距離のところにあるほぼ共通の可変的に配置される頂点を通る線の部分でもある。本発明の実施例は便宜的に可変頂点走査と呼ばれるものであり、変換器アレイは直線または曲線アレイである。曲線アレイの場合には共通頂点はアレイの曲面の背後の、このアレイの曲率半径より短い距離だけ離れたところにある。これら音響ラインは従って解像度を実質的に劣化させずにすべての深度において視野を拡大するためにアレイ自体の両端を越えて操作しうる。これら実施例は変換

器アレイのサイズを増加させることなく視野を改善する。セクタ走査の場合のように各音響が操作され、それにより2本の走査ラインが互いに平行にはならない。また同じくセクタ走査の場合のように、各走査ラインは投影または拡大されるときに共通の頂点を有するが、セクタ走査とは異なりこの共通頂点は変換器アレイ上の個々の変換器エレメントを結ぶ線の上またはその近辺にある必要はない。この共通の頂点はどこでもよくそしてアレイに直角の中心線上にある必要はない。超音波情報がBモード画像化そして、実質的に同時であるドップラまたはカラー流れの画像化のために集められるようになった応用面では、この可変頂点フォーマットは従来のフォーマットと組合せて用いることが出来る。その一例はBモード画像化のための可変頂点フォーマットとカラー流れ画像化のための操作直線フォーマットの組合せである。近フィールドを促進する可変頂点フォーマットは近フィールド応用面での小型のフットプリント変換器の使用を可能にし、操作直線フォーマットは皮膚のラインに平行に流れることの多い血球のカラー流れ画像化用に極めて有効である。特に、照射角の変化により通常生じるカラーの人為的变化をなくすることが出来る。可変の共通の頂点の位置は特定の変換器の幾何形状についての視野を最適化する。唯一の制約は変換器エレメントを結ぶ線に直角の線に対する操作角が同じ変換器形状についてセクタ走査ラインに可能な最大値より大きくならないことである。この目安は許容可能な格子ローブ振幅によりきまる。格子ローブを有効に抑圧する目安は操作角 $\theta$ 。を次のように制限する。

【数1】

$$|\theta_0| \leq \sin^{-1} \left( \frac{\lambda}{d} - 1 \right), \quad d \geq \frac{\lambda}{2}$$

但し $\lambda$ は変換器の中心周波数の波長であり $d$ はエレメント間の間隔である。この目安は任意の格子ローブの中心を前述の垂直線に対して少くとも $-90^\circ$ の角度に維持する。アレイエレメントが充分な指向性を有する場合にはより大きい操作角を用いることが出来る。アレイはこの垂直線から操作されるとき、中心周波数のゆっくりした低下すなわち波長の増加により大きい操作角を可能とするように格子ローブを抑圧する。本発明の走査方法は汎用性を有し、多くのアレイの物理的幾何形状に適合するものである。変換器エレメントの平面、曲面または一般的な曲面アレイの走査は走査ラインの発生点においてアレイに垂直の線に対し任意の角度に操作されるアレイの面上の任意の発生点に独立した音響走査ラインを形成することにより可能である。これら音響ラインは好適には改善されたフレーム周波数または同時ドップラおよび画像走査のために複数の同時的音響ビームでの動作に適合するように全視野において空間的には重ならないように選ばれる。各活性音響ラインのシフトと操作は変換器

の動作周波数の変化に対し視野を最適化しあるいは視野内の妨害（例えばリブ）のような状況に依存する現象に対し動的に応答するためにプログラム可能なソフトウェアである。実質的に共通な頂点は本発明の一つの特殊な場合である。すなわち、本発明は変換器の平面、曲面または一般的曲面アレイの走査方法であり、各走査ラインは変換器アレイ上の任意であるが異った位置から発生し、そして走査ラインの発生点においてアレイに垂直の線に対して異った角度へと操作しうる。

【実施例】図1は平面直線変換器アレイ1から矩形的直線走査フォーマットの画像面を示す。走査される視野5は変換器アレイの面の背後の共通頂点4を通る1セットの音響ラインを走査することにより本発明の可変頂点フォーマット3に拡張出来る。図2は変換器アレイ1により発生されるセクタ走査用の画像面を示す。一般的なセクタ視野2は変換器アレイ1の面の後の共通頂点4から引き出される音響ラインを走査することにより図示の可変頂点フォーマット3に拡張出来る。この可変頂点フォーマットは近フィールド内のアレイ全体を利用しそしてそれをセクタ視野2内のどこでも分解能を大きく損うことなく実質的に拡大する。図3は曲面変換器アレイ6および、このアレイの面に垂直な方向に伝はんする複数の音響ラインにより得られる視野7を示す。これら垂直の音響ラインの延長部は共通の曲率中心8を通る。この曲面変換器アレイについての視野はその延長部のすべてが共通の頂点4を通るそのアレイの面に対し変化する角度で伝はんする一セットの音響ラインにより可変頂点フォーマット3に拡張出来るのであり、共通の頂点は好適には曲率中心8とアレイの面の間にある。曲面アレイについて、各音響走査ライン11はアレイの面上の異った任意の点13から出る。これらの発生点は角度 $\phi$ と、曲率中心8と変換器アレイ14の中心線により表わすことが出来る。あるいは、可変頂点フォーマットにおいて超音波ラインの各発生点13は角度 $\theta$ と、共通可変頂点4と、アレイの曲率中心8に可変頂点4を接続する中心線14とで表わすことが出来る。図3に示すように、可変頂点フォーマットについての各音響ラインは曲面アレイの面に対する垂線に対し角度 $\alpha$ で操作される。図3において、曲率中心8は変換器アレイの中心線14上であり、角度 $\alpha$ は角度 $\phi$ より小さい角度 $\theta$ に等しい。曲面変換器アレイでの焦点つきの走査についての遅延式はこれら角度関係と曲率半径8に対する共通の頂点4の位置を平面直線アレイ式の後述する変換式(6)と同様に用いることにより引き出すことが出来る。周知のように、代表的なセクタ走査フォーマットは直線フォーマットと比較したとき2つの主たる利点を有する。すなわちセクタは直線フォーマットと比較すると10cmあるいはそれ以上の深い走査深度において実質的に増大した視野を有しそしてセクタ走査に用いられる変換器は直線走査フォーマットに用いられるものよりも例えば3分の1または

それより小さい、物理的に小さなものである。同じく周知のようにセクタ走査フォーマットの主たる利点は1cm以下の浅い走査深度での視野が極めて限られるということである。本発明の好適な実施例から得られる一つの大きな改善は、可変頂点走査フォーマットが浅い深度を含みすべての走査深度での視野の、セクタ走査と比較してセクタ視野2内での分解能の大きな損失を伴わずに図4に示すようにセクタ走査と比較して物理的アレイの幅までの増大を可能にすることである。可変頂点走査と対応する表示フォーマットは一般に直線または曲面アレイに適合しそして、頂点が可変頂点4a-4gのいくつかの異った位置について図5に示すように可変の点で生じうることを除きセクタ走査の一般化したものである。可変頂点が無限の4fまたは4gに近づく、このフォーマットは直線走査フォーマットに近づく。可変頂点が変換器の面の4hに近づく、このフォーマットはセクタフォーマットに近づく。可変頂点は4aのように変換器アレイの前でもそしてアレイの中心4gを通る垂線14上でない位置でもよい。同様に、曲面変換器アレイ6については可変頂点4は図6に示すように曲率半径8より大きい、アレイの後となる半径に置くことも出来る。従って同様に可変頂点は図7に示す4a-4dのようにアレイの後の任意のところに置くことが出来る。本発明のこの実施例の主たる目的は、すべての音響走査ラインの共通頂点4が走査面内の任意の点に選択的に位置せしめる画像システムについての走査および表示フォーマットを限定することである。図8の平面アレイについて示すように、可変頂点4はアレイの物理的な開口または面12のすべての変換器エレメントを結ぶラインに垂直のライン上であってアレイの面から後方に距離Yのところにある。しかしながら、この可変頂点はこのライン上である必要はなく、物理的な開口の前または後に置くことが出来る。図8の位置により生じる画像フォーマットはすべての深度でのそして特に物理的開口近辺での増大した視野から利点を得ている。このフォーマットはスペクトルのなドブブラおよびカラー流れドブブラ走査およびBモード画像化に等しく適用される。特に、或る混合モードは可変頂点走査および表示フォーマットの利用を促進する。例としては、遠隔の頂点4'から図17に示すほぼ平行なカラー流れ走査ラインと組合せた2次元の可変頂点走査フォーマット、2次元画像と組合せた互いに離れた可変頂点による複数のパルス化ドブブラ走査ライン、または、可変頂点4が図16に示すように変換器の面の後に配置された、2次元走査フォーマットと組合せた変換器の中心にある可変頂点4''から出るライン65を伴う連続波ドブブラ走査がある。マルチプレクサシステムに適用された本発明の走査方法を図23に概略的に示す。そこでn個の変換エレメントのアレイ1から例えばそれより少数の97のようなm個のエレメントの多重化されたサブセットが活性化される。活性エレメントの



サブセット97はマルチプレクサ95によりより大きいグループnから選ばれそして96におけるようなm個の独立したチャンネルを有するシステムはビーム伝搬を制御しそして受信情報を処理する。マルチプレクサ95はm個の隣接する変換器エレメントのサブセットまたは、例えばn個のエレメントを1個おきとした他のグループングを選ばふことが出来る。この実施例は音響走査ライン11が共通の頂点4から出るように図8に示すような原点13および特定の超音波ビームについての焦点15を選ぶ方法および手段を含んでいる。図8の平面アレイについての超音波ビームの実際の原点はそのアボダイゼーション関数の質量中心にほぼ対応する点で個々の変換エレメントを接続するライン上に生じる。式(1)は、アボダイゼーション関数の質量中心が音響走査ライ

$$X_c = \frac{\sum_{l=0}^L \int_0^{I_l} X \cdot A(I) \cdot \delta(X - X_l) dX}{\sum_{l=0}^L \int_0^{I_l} A(I) \cdot \delta(X - X_l) dX} \quad \dots (1)$$

である。但し $\delta(x)$ はディラックの三角関数であり ※ ※ 【数3】

$$\int_{-\infty}^{\infty} f(I) \cdot \delta(X - X_l) dX = f(X_l)$$

の特性を有する。超音波ビームの原点の制御は、質量中心 $X_c$ が音響走査ライン原点13に対応するように物理的変換器アレイの各エレメントにアボダイゼーション値を割振ることにより達成される。 $X_c$ をエレメントの位置に対応させる必要はない。原理的に質量中心は各音響走査ライン11について計算されそして固有のアボダイゼーションプロファイルが各走査ラインについて発生される。実際にはアボダイゼーションプロファイルのシフト不変性の特性を考慮することにより限られたプロファイルが必要とされる。これは、例えば各アボダイゼーション値の割振りをk番目のエレメントから(k+1)番目のエレメントに移すことにより質量中心を正確に1エレメント間隔だけシフトさせることを意味する。この操作は連続する音響走査ライン間の零入力期間中マイクロプロセッサと組合せた制御論理により容易に行える。他のアボダイゼーションプロファイルの固有のセッ★40

※ン11の意図する原点13に等価またはほぼ等価なものとなるようにその関数を管理するために用いられる。それ故ビームの原点13はこの質量中心を滑らかにシフトすることにより制御しうる。ビーム原点13を、アレイの面12上の変換エレメントのすべてを接続するラインと可変頂点4を焦点に接続する音響走査ライン11との交点13またはその近辺に置くに必要なシフトは可変頂点の空間的位置と操作角 $\theta$ とによりきまる。例えば図11では図8の平面アレイからの超音波ビームはほぼその関数の質量中心 $X_c$ から発生する。アボダイゼーション関数 $A(X_l)$ は位置 $X_l$ におけるエレメントから送信または受信される信号に与えられる重みづけで表わすことが出来る。アボダイゼーション関数の質量中心は【数2】

★トには質量中心を数分の1エレメント間隔だけシフトが必要である。一般に質量中心の位置(そしてそれ故超音波ビームの原点)は変換器アレイに近い焦点について約1/4波長内に制御される。エレメント間隔を1/2波長とした代表的なセクタ型変換器についてはこの要件はアボダイゼーションプロファイルの2つの固有なファミリーに対応する。夫々の固有の音響走査ラインについての必要なすべての他の組合せはそれらセットの一つに加えられる単純なシフト操作により得られる。図9に示すセクタ走査フォーマットについて、変換器アレイの中心から基準ライン14に対し角度 $\theta$ の音響走査ライン11に沿ってレンズRの例えば15の焦点を得るためにn番目のエレメントに加えなければならない時間遅延は下式で与えられる。【数4】

$$T_l(R, X_l, \theta) = \frac{1}{C_0} \left\{ R - \left[ R^2 + X_l^2 - 2RX_l \sin \theta \right]^{\frac{1}{2}} \right\} + T_{off} \quad \dots (2)$$

但し、

$T_l$  = 距離Rおよび操作角 $\theta$ に焦点を得るためにエレメント位置 $X_l$ で必要な遅延。

R = セクタ頂点または原点13から焦点までの距離。

$X_l$  = セクタ頂点または原点13に対するn番目のエレ

メントの位置。

$\theta$  = 図9に示す基準ラインに対する操作角。

$T_{off}$  = 各エレメントに割振られる遅延が正となるように各遅延に加えられる可変オフセット。(負の遅延は生じえない)

13

C<sub>0</sub> = 人体内の伝ばん速度 (一般に 1.54 mm/マイクロ秒)  
この式はセクタ画像化について周知であり、例えば米国特許第 4140022 号明細書に示されている。焦点を可変頂点 4 から距離 R'。であり可変頂点走査フォーマット

14

\* ットについて図 10 に示す基準ライン 14 に対し角度 θ のところにするために n 番目のエレメントに加えなければならぬ遅延時間は下式で与えられる。  
【数 5】

$$T_1' \left( R_{\theta}', X_1', \theta, y \right) = \frac{1}{C_0} \left\{ \left( R_{\theta}' - \frac{y}{\cos \theta} \right)^2 - \left[ \left( R_{\theta}' - \frac{y}{\cos \theta} \right)^2 + \left( X_1' - y \cdot \tan \theta \right)^2 - 2 \left( R_{\theta}' - \frac{y}{\cos \theta} \right) \cdot \left( X_1' - y \cdot \tan \theta \right) \cdot \cos \theta \right]^{\frac{1}{2}} \right\} + T_{off} \quad \text{..... (3)}$$

但し R' θ = 可変頂点と焦点との間の基準ライン (図 10 参照) に対し角度 θ の線に沿った距離。  
y = 可変頂点に対する物理的アレイの垂線に沿ったオフセット。  
θ = 図 10 の基準ラインに対する操作角。

※ T'。、r、r = 各エレメントに加えられる遅延が正となるようにするために各遅延に加えられる任意の可変オフセット。  
20 【数 6】

※

$$R_{\theta}' = R + \frac{y}{\cos \theta} \quad \text{..... (4)}$$

$$X_0 = y \tan \theta \quad (5)$$

を代入すると式 (3) は次のようになる。

★30★【数 7】

$$T_1' \left( R, X_1' - X_{\theta}, \theta \right) = \frac{1}{C_0} \left\{ R^2 - \left[ R^2 + \left( X_1' - X_{\theta} \right)^2 - 2 R \left( X_1' - X_{\theta} \right) \cos \theta \right]^{\frac{1}{2}} \right\} + T_{off} \quad \text{..... (6)}$$

式 (6) は式 (2) と同じ形を有する。式 (6) は可変頂点 4 から距離 R'。のところ基準ライン 14 から角度 θ のところに、音響走査ライン 11 に沿って焦点 15 を置く、エレメント X'。について適当な遅延 T'。をいかにして計算するかを示す。可変頂点走査フォーマットで用いられる個々の超音波ラインの集合は式 (6) に夫々のラインに固有の R, X<sub>0</sub>, θ の値を入れて計算される。値 R, X<sub>0</sub> と θ は各音響走査ラインについて任意に限定される。式 (6) は基準ラインに対する角度 θ をもつ線に沿って一つの固定焦点をもつ平面アレイについての遅延の計算のし方を示す。一つのそのような遅延セット (エレメント位置について一つの値) が各音響走査ラインについて必要である。本発明の更に一般的な場合

には各走査ラインは共通頂点のないアレイの面上の任意点でその面に対し任意の角度で発生する。個々の走査ライン 11, 11' はアレイ 1 の面に図 21 に 13, 13' で示すような任意の交点に発生しそしてアレイに対しその原点 13, 13' での垂線に対し任意の角度 θ, θ' で操作される。図 21 に示すように、一対の対称な走査ラインの夫々の延長線はアレイに垂直のラインに沿ってライン 11, 11' についての共通な頂点 4, 4' を通る。かくして、対称なライン対の可変頂点 4, 4' の軌跡は例えば図 8 に示すように 1 つの共通頂点ではなくこの垂線に沿うものとするところがある。これら走査ラインも全く共通頂点をもたないことがありうる。同様に、変換器アレイは図 22 に 90 示すような一般化され



た形である。ここにおいても各走査ライン11, 11' はアレイの面上の任意の点13, 13' においてそのアレイの面に対する垂線について角度 $\theta, \theta'$ に発生する。図22に示すように、13, 13' は超音波ラインの原点のベクトル位置であり91, 91' は変換器の面から同一または異なる距離のところの各ラインに沿った焦点のベクトル位置である。各ラインについてのアボダイゼーション関数はアレイの面の任意の原点13, 13' \*

$$T(\bar{X}_1, \bar{O}_1, \bar{F}_1) = \frac{1}{C_0} \left\{ \left| \bar{O}_1 - \bar{F}_1 \right| - \left| \bar{X}_1 - \bar{F}_1 \right| \right\} + T_{off}$$

好適な実施例では、動的焦点づけを行う手段は式(6)を固定焦点距離Rではなく $[r_0, r_1, \dots, r_k]$ のような焦点距離のファミリーを含むように一般化することにより得ることが出来る。これは著しく大きいデータセットを構成する。すなわち、固定焦点をうるに必要な遅延データの量は次で与えられる。

〔遅延値の数〕 = 〔N個の活性変換エレメント〕・〔M個の走査ライン〕  
= N・M遅延値

基準走査ラインについての走査ラインがミラー対称の場合※

$$T_{A_n}(r, \theta, X_n, \rho, \theta_r) = T_n(\rho, X_n - X_{\theta_r}, \theta) + [T_n(r, X_n - X_{\theta_r}, \theta_r) - T_n(\rho, X_n - X_{\theta_r}, \theta_r)] \dots (7)$$

但し、 $T_n(\rho, X_n - X_{\theta_r}, \theta) =$  基準焦点項

$[T_n(r, X_n - X_{\theta_r}, \theta_r) - T_n(\rho, X_n - \star$

\*のまわりに中心をもつ。時間遅延はn番目のエレメントX<sub>n</sub>のベクトル位置、超音波ラインの原点13(O<sub>k</sub>)のベクトル位置、およびk番目の超音波ラインF<sub>k</sub>についての焦点のベクトル位置、から計算される。次のベクトル表記の式は完全任意アレイおよび走査フォーマットについての式(6)に比肩する。

〔数8〕

※合にはMはM/2走査ラインで置きかえられる。K個の焦点距離をもつ動的に結像する画像化システムについてはこれは(K・N・M)遅延値となる。128個の活性変換器エレメントをもつ高性能超音波画像システムではこれは約 $3 \times 10^3$ 個の遅延値となる。その結果、高速RAMの量を減少させる手段が得られる。データの減少は遅延式(6)を基準(固定)焦点と可変焦点の項に分

20 解することにより達成出来る。この実施例について選ばれた近似式は次の通りである。

$$T_n(r, X_n - X_{\theta_r}, \theta) = \frac{1}{C_0} \left\{ r - \left[ r^2 + (X_n - X_{\theta_r})^2 - 2r(X_n - X_{\theta_r}) \cos \theta \right]^{\frac{1}{2}} \right\} + T_{off} \dots (8)$$

r = 所望(可変)焦点距離すなわちセット $[r_0, r_1, \dots, r_k]$ のメンバーの内の一つを表わす。

$\rho$  = 基準(固定)焦点距離。

$\theta$  = 操作角。

$\theta_r$  = 基準角。

$T_{A_n}(r, \theta, X_n, \rho, \theta_r)$  は、 $\rho$ をrの最大および最小値間のほぼ中間(すなわち $r_0$ と $r_k$ の間)に選んだとき $T_n(r, X_n - X_{\theta_r}, \theta)$ を高い精度で近

似しており、 $\theta_r$ は約 $25^\circ$ の範囲にわたり有効である。すなわち、一定の $\theta_r$ の値はこの特定の基準値 $\theta_r$ から $\pm 12.5^\circ$ までである操作角について高い精度で

17

有効である。これにより  $M \cdot K / (M + K)$  の程度の、  
 少なくとも一桁であるデータの減少が生じる。下記に示す\*

$$T_{v,a}(r, X_a, \rho, \theta_r) = T_a(r, X_a - X_0, \theta_r) \\ - T_a(\rho, X_a - X_0, \theta_r) \quad \dots (9)$$

この可変焦点項の原点を次式により固定焦点項のそれに※ ※整合させることが出来る。

$$(X_a - X_0) - (X_a - X_0) = m \cdot d + \varepsilon \quad \dots (10)$$

但し、 $d$  = エレメント間距離

$m$  = 或る整数

$\varepsilon$  =  $d$  より小さい小数残部

$\varepsilon \neq 0$  とすると、1 走査ラインから他のラインへと、式  
 (9) を発生するに必要な遅延 (基準角  $\theta_r$  が有効な  $\theta$   
 の範囲内) は  $k$  番目のエレメントに関連した遅延値を  
 ( $k + m$ ) 番目のエレメントに再割振ることにより発生★

$$(X_{\theta_r} - X_{\theta}) \longrightarrow m \cdot d + p \cdot a \quad \dots (11)$$

但し、 $m$  と  $p$  は遅延値データテーブルへのインデクスと  
 して用いられる制御変数であり、 $m$  は適用前にデータを  
 シフトしなければならない、1 個のエレメントの遅延値  
 データ位置の数である。これを図 12 に概略的に示す。  
 以上は遅延計算をいかにして発生し平面変換器アレイに  
 ついての可変頂点画像化に適合させるために用いるかを  
 説明するものである。米国特許第 4140022 号およ  
 び 4550607 号明細書に示されるような動的焦点づ  
 けを行うために粗らく量子化された遅延線と組合せてヘ  
 テロダイナミクスを用いるシステムに適合させるために遅  
 延計算を行う手段を次に説明する。活性開口 40 につ  
 いて図 13 は可変焦点時間遅延 32 のシフトとそれに続く  
 シフトされない送信基準焦点時間遅延 31 との加算によ  
 り遅延発生器 30 への送信遅延情報の発生と適用を示  
 す。この総合遅延は例えば米国特許第 4550607 号  
 明細書に示されるように送信ドライバ 33 に与えられ  
 る。関数の質量中心はアポダイゼーション発生器 34 で  
 シフトされる。注意深いアポダイゼーション管理ではア  
 ポダイゼーション関数により特定される活性送信開口  
 は、選択可能な送信焦点が変換アレイの面から更に離れ  
 ると質量中心のまわりで増す必要がある。これは米国  
 特許第 4550607 号に示されるように焦点の局質と  
 焦点の深さの間の適正なバランスを維持するためであ  
 る。開口が大きくなると物理的開口の端に非対称的に達  
 する。これらの条件下では、物理的開口のない関数の部  
 分を切り取るかあるいはアポダイゼーション形を維持す  
 るために質量中心を物理的開口の中心に向けてシフトす  
 るか、することになる。図 15 の送信アポダイザー 1  
 9' が端整合しそしてその質量中心が所望のビーム原点  
 13' からシフトされるとき、真のビーム軸 11' は意  
 図する超音波走査ライン 11 とは整合しなくなる。本発  
 明の走査方法の重要な特徴はアレイの物理的な端部を通  
 り音響走査ライン 11 を出す能力である。浅い深度の送  
 信焦点が選ばれたときにはその活性開口は小さく、ビー  
 ム原点をその意図する位置からシフトする機会はほとん

18

\* 可変焦点項は操作についての影響は非常に小さい。

★される。一般に  $\varepsilon = 0$  であるから、式 (9) により特徴  
 づけられる可変焦点に対応する遅延値の付加的なセット  
 を有していなければならない。 $\varepsilon \sim p \cdot a$  でありそして  
 $a/2$  が許容しうる最大位置誤差となるように、シフト  
 ケースの数  $p$  を定めるとすれば、式 (9) を次の可変変  
 化で書きなおすことが出来る。  
 【数 10】

どない。深深度の送信焦点 17 が選ばれたときにはその  
 活性開口は大きく、ビーム原点は意図する位置 13 から  
 例えば 13' のようなところに大きくシフトしうる。し  
 かしながら、この大きな送信開口の場合には、送信超音  
 波ビームは偏移エラーの最大となる物理的開口に近づく  
 と比較的焦点づれが生じる。このような劣った焦点  
 は、特に正確に位置ざめされた受信焦点がそこにあると  
 きに偏移エラーの効果を最少にする。云い換えると、そ  
 の焦点 17 近辺では超音波ビーム軸と音響走査ラインが  
 交わりはじめ、そして偏移エラーが消滅し、焦点のと  
 ころで完全に消える。送信焦点 17 を越えると超音波ビー  
 ム軸と走査ライン軸は再び発散するが、この場合も送信  
 焦点ずれが、受信焦点が超音波走査ライン 11 に正しく  
 位置していれば偏移エラーの効果を最少にする。不整合  
 の超音波ビーム軸 11' ではなく走査ライン軸 11 に沿  
 ったデータのトラッキングは動的受信アポダイザー 1  
 8 と焦点 16 の組合せにより達成される。動的受信ビー  
 ム形成中に図 14 に示すように活性受信開口 60 は受信  
 焦点が走査ライン 11 に沿って、米国特許第 45506  
 07 号明細書に示されるように活性開口幅に対する焦点  
 深度の比を出来るだけ大きな範囲で一定にするように物  
 理的変換器から更に動的にはなれるときに 60' まで動  
 的に増大する。受信開口 60 が 60' まで拡大すると、  
 端整合が得られ、その質量中心も所望のビーム原点から  
 シフトしそして真のビーム軸 11' は意図する走査ライ  
 ン軸 11 とは整合しなくなる。しかしながら、受信焦点  
 16 は常に超音波走査ライン軸 11 上にある。動的受信  
 ビーム形成器が焦点 16 から次の点 16' に連続的に切  
 換わるから所望の音響走査ライン 11 に沿った情報を正  
 確に追跡する。理想的な時間遅延データの固有のセット  
 が送信操作時間遅延について行われたと同様にしてすべ  
 てのエレメントおよびすべての走査ラインについて受信  
 基準焦点において計算される。これらの理想的な遅延は  
 米国特許第 4550607 号または第 4140022 号  
 明細書に示されるように加算装置 50 に加えられるべき

粗および密時間遅延に分解しうる。密遅延は例えば米国特許第4550607号または4140022号明細書に示されるように位相に変換される。これら遅延は基準焦点相と可変焦点相に分解されそして図14の受信器位相発生器52に加えられる。この発生器52は基準成分相53と可変焦点成分相54を加算して合成受信器位相値を発生する。この受信器位相値はミキサ信号の位相の選択に用いられる。活性受信開口はアボダイゼーション発生器55により制御される。フェースドアレイ画像化方式を用いれば送信および受信において図18と19に示すように同一の開口1からほぼ同時に2以上のビームを活性化することが出来る。同時とは、2以上のパルスが走査中に任意の時点で異なる空間位置に指向して動くことを意味する。これは例えば米国特許第4550607号明細書に示すようなシステムに対し単純な変更をなすことで行うことが出来る。しかしながら、そのようなシステムにおける一つの重要な問題は走査ライン11a, 11bに沿った複数のパルスまたはビームが70で重なって図18に示すような平面線形フォーマットにおける、そして特に通常のセクタ走査については図19に示すように変換器に近い近フィールドにおける送信焦点から大きくはずれて干渉する傾向があることである。可変頂点走査フォーマットの一つの重要な利点は、超音波走査ライン11a, 11bが図20に示すように視野3全体を通じて充分分離されるから、複数のビームが同時に伝はんしてもそれらを有効に分離することが出来るということである。図18と19を図20と比較すれば、干渉領域70は、図20において近フィールドで原点13a, 13bが分離していることおよび走査ライン11a, 11bが遠フィールドで発散することにより縮小または消滅する。2本のビームについての活性開口は夫々のビームの有効開口が減少しても通常のセクタ走査におけるように完全には重ならず、重なりはわずかである。動的アボダイゼーションおよび動的焦点づけとの組合せにおける可変頂点フォーマットのビーム（近フィールドを含む）の真の空間は分離が多ビーム動作におけるパフォーマンスを効果的に最適化する。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】可変頂点フォーマットを重畳させた、平面直線変換アレイの面に垂直の走査ラインをもつ直線走査フォーマットについての画像面を示す図である。

【図2】可変頂点フォーマットを重畳させた、セクタ走査フォーマットの画像面である。

【図3】可変頂点フォーマットを重畳させた、曲面変換器アレイにより形成される画像面を示す図である。

【図4】可変頂点フォーマットの画像面であってその深度と共に拡大する視野を示す図である。

【図5】共通頂点の種々の位置を示す可変頂点フォーマットを示す図である。

【図6】共通頂点が曲率半径より大きい半径上にある曲

面変換器アレイの可変頂点フォーマットを示す図である。

【図7】共通頂点を5つ有する曲面変換器アレイについての可変頂点フォーマットを示す図である。

【図8】可変頂点フォーマットの画像面であって、変換器アレイの面より後の共通頂点からの、拡大された視野内にある音響走査ラインを示す図である。

【図9】通常のセクタ走査フォーマットについての遅延式を発生するための図である。

【図10】可変頂点フォーマットにおける任意の変換器エレメントについての遅延変換式を発生するための図である。

【図11】音響走査ラインについての典型的なアボダイゼーション関数を示す図である。

【図12】音響走査ラインを伝はんするために用いられる遅延データの選択とシフトを示す図である。

【図13】可変頂点走査および送信に必要なデータを示す図である。

【図14】可変頂点走査および動的アボダイゼーションおよび焦点づけに必要なデータを示す図である。

【図15】可変頂点フォーマットについて端整合ビーム形成を示す図である。

【図16】セクタ連続波ドップラ走査ラインと組合せた可変頂点2次元走査を示す図である。

【図17】ほぼ平行なカラードップララインと組合せた可変頂点2次元走査を示す図である。

【図18】2本の超音波ビームの同時送信とエコーの受信についての直線走査フォーマットの走査面を示す図である。

【図19】2本の超音波ビームを同時に送りエコーを受信するための平面セクタ走査フォーマットの走査面を示す図である。

【図20】2本の超音波ビームを同時に送りエコーを受信する可変頂点走査フォーマットの走査面を示す図である。

【図21】共通頂点を有さない超音波走査ラインについての走査面を示す図である。

【図22】任意の形の変換器アレイに対する本発明の適用を示す図である。

【図23】多重化平面直線変換アレイへの本発明の適用を示す図である。

#### 【符号の説明】

- 1 平面直線変換器アレイ
- 2 セクタ視野
- 3 可変頂点フォーマット
- 4 共通頂点
- 5 走査視野
- 6 曲面変換器アレイ
- 8 共通曲率中心
- 11 音響走査ライン

21

22

- 13 超音波ライン原点  
30 遅延発生器  
31 基準焦点遅延装置  
32 可変焦点遅延装置

- \* 33 送信ドライバ  
34 アポダイゼーション発生器  
40 活性開口

\*

【図1】

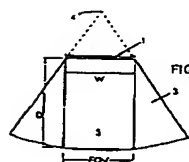


FIG. 1

【図2】

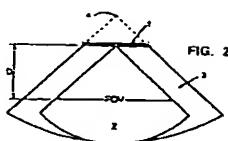


FIG. 2

【図3】

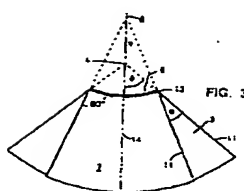


FIG. 3

【図4】

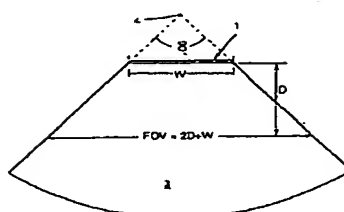


FIG. 4

【図5】

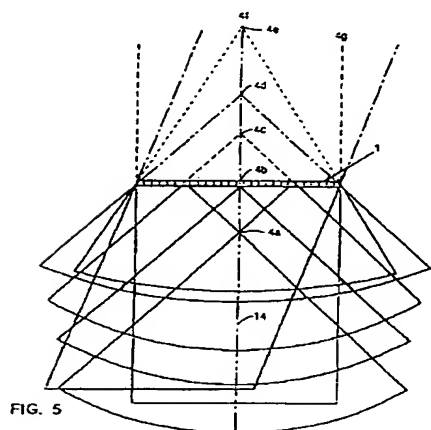


FIG. 5

【図6】

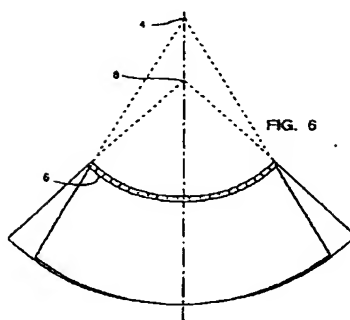


FIG. 6

【図7】

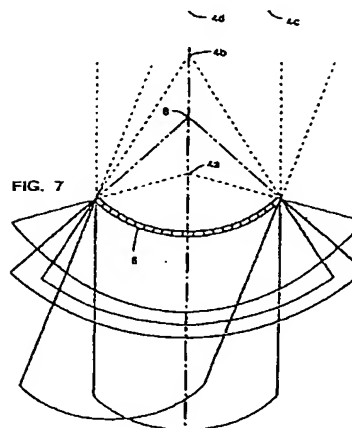


FIG. 7

【図8】

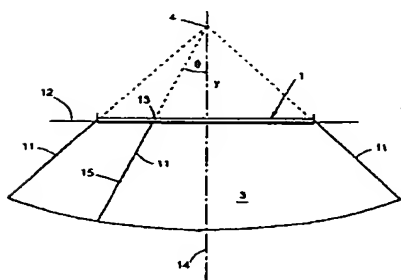


FIG. 8

【図9】

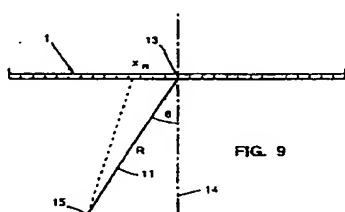


FIG. 9

【図10】

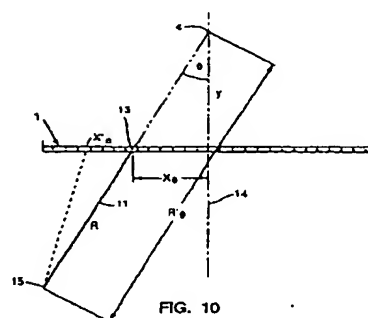


FIG. 10

【図11】

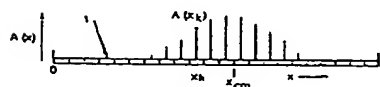


FIG. 11

【図16】

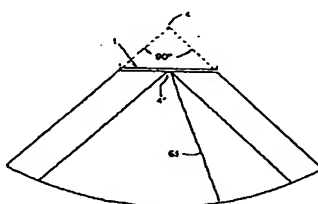


FIG. 16

【図12】

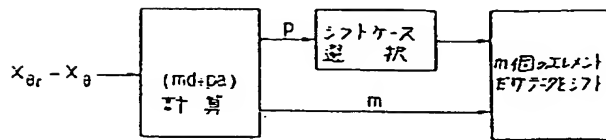


FIG. 12

【図13】

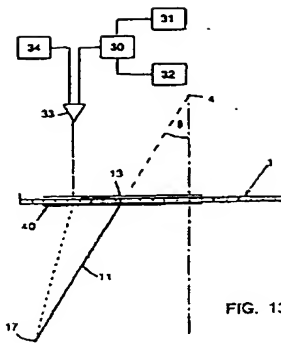


FIG. 13

【図14】

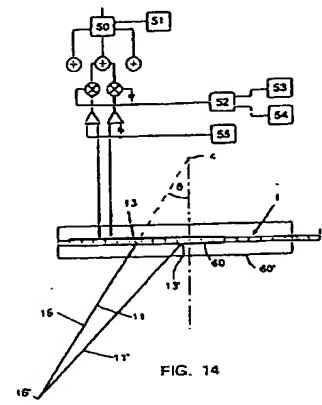


FIG. 14

【図15】

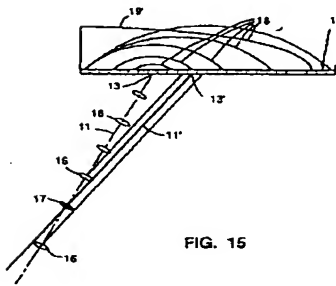


FIG. 15

【図17】

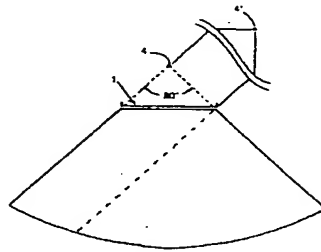


FIG. 17

【図18】

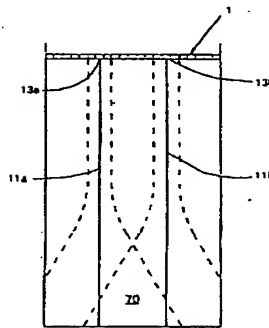


FIG. 18

【図19】

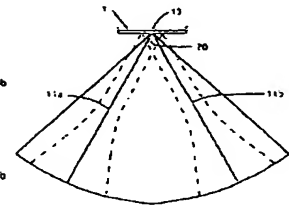


FIG. 19

【図20】

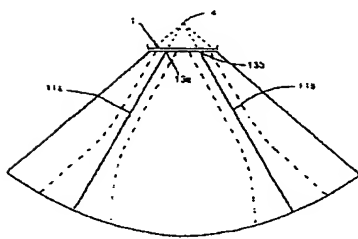


FIG. 20

【図21】

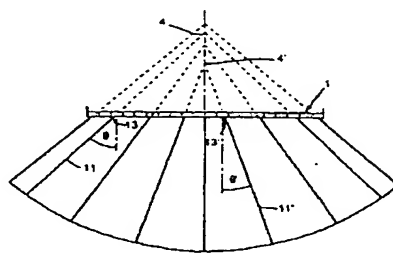


FIG. 21

【図22】

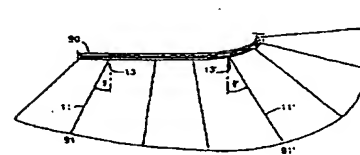


FIG. 22

【図23】

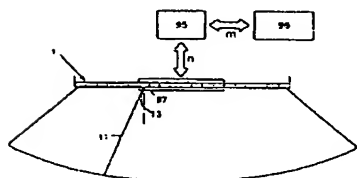


FIG. 23

## フロントページの続き

(72)発明者 ヒュー、ジー、ラーセン  
アメリカ合衆国カリフォルニア州、バロ、  
アルト、ホリー、オーク、ドライブ、707  
(72)発明者 ジョエル、エス、チャフィン  
アメリカ合衆国カリフォルニア州、サラト  
ガ、メリブルック、ドライブ、19871

(72)発明者 ボール、イー、チャンドラー  
アメリカ合衆国カリフォルニア州、サン  
タ、クルス、ケーリー、レーン、209  
(72)発明者 イアン、エー、ガールトン  
アメリカ合衆国カリフォルニア州、バサデ  
ナ、サウス、ベネド、261  
(72)発明者 メヘバブ、エス、カルマリ  
アメリカ合衆国カリフォルニア州、フレモ  
ント、スー、コート、1601